

# Evaluación de la eficiencia del pulverizador H<sub>3</sub>O® para cítricos

La nueva generación de pulverizadores hidráulicos asistidos por aire (turboatomizadores) para cultivos arbóreos, desarrollada por Pulverizadores Fede S.L., ajusta el caudal de aire y el volumen de aplicación a las características de la vegetación y del tratamiento a realizar. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de estos nuevos turboatomizadores en cítricos en cuanto a consumo de potencia, contaminación acústica, distribución de la pulverización en la copa y pérdidas potenciales de deriva. Para ello, se llevaron a cabo una serie de ensayos para comparar el nuevo pulverizador H<sub>3</sub>O® S3.0 con un Fede Futur de 1000L de 2005, empleado como referencia. Cada ensayo consistió en aplicar sulfoflavina brillante, un trazador fluorescente, en dos calles centrales de una parcela de cítricos. Los resultados mostraron que el pulverizador H<sub>3</sub>O® es un turboatomizador altamente eficiente, ya que redujo, respecto al equipo de referencia, la potencia consumida en un 55%, la contaminación acústica en 15 dBA y la deriva potencial depositada en el suelo en un 48%, mientras que el recubrimiento medio del producto pulverizado en diferentes zonas de la copa fue similar con ambos equipos.

**PALABRAS CLAVE:** turboatomizador, deriva, recubrimiento, potencia, aplicación de fitosanitarios.

C. Garcerá<sup>1</sup>, I. Carillo<sup>1</sup>, A. Fonte<sup>1</sup>, G. Mateu<sup>1</sup>, L.T. Berger<sup>2</sup>, P. Chueca<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Agroingeniería, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Moncada, Valencia. chueca\_pat@gva.es

<sup>2</sup> Pulverizadores Fede S.L. Chestre, Valencia.

## INTRODUCCIÓN

Los cítricos son un cultivo clave alrededor del mundo, con una producción anual aproximada de 131 millones de toneladas. España es el sexto productor más importante y el principal exportador en fresco a nivel mundial (FAOSTAT, 2017). En cítricos, uno de los métodos más comunes de protección contra plagas y enfermedades es el uso de productos fitosanitarios. Su aplicación mecanizada se realiza generalmente mediante pulverizadores hidráulicos asistidos por aire, también conocidos como turboatomizadores. Estos reparten la pulverización de forma radial y están asistidos por corrientes turbulentas de aire generadas por ventiladores axiales instalados en el equipo. Sin embargo, su uso puede dar lugar a diversos problemas. Es muy común emplear grandes cantidades de volumen de caldo y de aire, sin un ajuste adecuado de las necesidades reales y las condiciones específicas de la aplicación teniendo en cuenta la vegetación a tratar, la plaga a controlar, el pesticida y el equipo. De igual modo, la configuración de los equipos (número de boquillas abiertas, orientación de las boquillas, etc.)

no suele ajustarse a las características de cada parcela. Estas prácticas normalmente conllevan una emisión excesiva de producto que permanece en los alimentos y contamina el medio ambiente, con los consiguientes riesgos para la flora, la fauna y las personas (Gil&Sinfert, 2005; Derksen *et al.*, 2007; Cunha *et al.*, 2012; Garcerá *et al.*, 2017), y también suponen un incremento de los costes de producción. Además, los ventiladores de los turboatomizadores producen ruido ambiental, que puede afectar a las personas, tanto física como psicológicamente (Durgut&Celen, 2004), y también son responsables del alto consumo de gasoil de esta operación, lo que incrementa el coste de la aplicación.

Con el proyecto europeo del programa Horizonte 2020 Healthy crop, Healthy environment, Healthy finances through Optimization (Cultivo sano, Medio Ambiente sano, Finanzas sanas mediante la Optimización) (H<sub>3</sub>O®), Pulverizadores Fede S.L. ha desarrollado una nueva generación de pulverizadores que ajustan el volumen de aire y el volumen de aplicación a las características de la vegetación y el tratamiento (plaga y cultivo).

El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia de esta nueva generación de pulverizadores H<sub>3</sub>O®, en cultivos de cítricos, centrándose en el consumo de potencia, la contaminación acústica, la distribución de la pulverización en la copa y las pérdidas potenciales de deriva.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción general del pulverizador H<sub>3</sub>O®

El pulverizador H<sub>3</sub>O® S3.0 (**Figura 1**) presenta como novedades físicas un alerón en la parte superior de los arcos de boquillas que permite ajustar el perfil de pulverización al perfil de la copa del árbol, y un sistema de generación de aire que permite ajustar mecánicamente tanto el caudal como la velocidad del aire a través de la variación del ángulo de las palas del ventilador y/o la variación de la abertura del canal de salida de aire. Además, está equipado con un sistema de posicionamiento global (GPS), sensores de temperatura y humedad relativa entre otros.





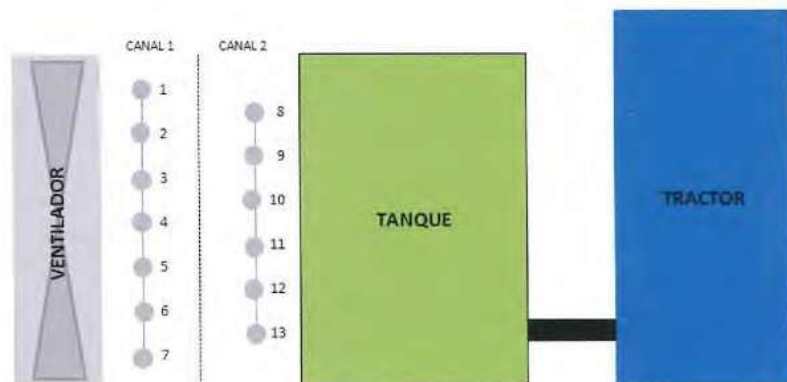
**Figura 1.** Smartomizer H<sub>3</sub>O<sup>®</sup> S3.0 (Garcerá et al., 2018, © 2018 The Association of Applied Biologists).



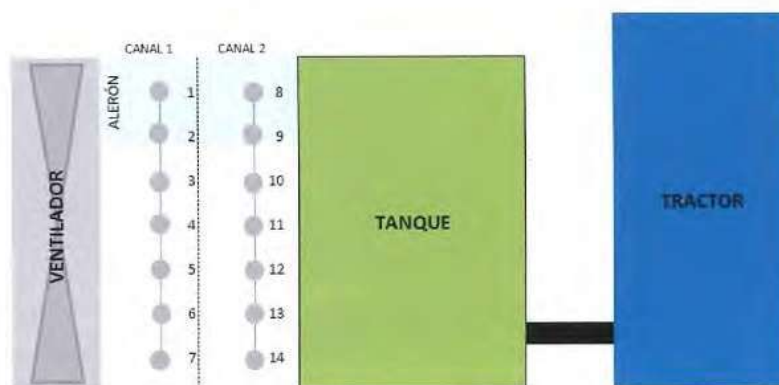
**Figura 2.** Vista aérea y fotografía de detalle de la parcela (Garcerá et al., 2018, © 2018 The Association of Applied Biologists).



**Figura 3.** A) Pulverizador de referencia aplicando el tratamiento ST. B) Smartomizer H<sub>3</sub>O<sup>®</sup> S3.0 aplicando el tratamiento H3OT.



**Figura 4.** Localización de las boquillas en el pulverizador Feder Futur 1000L 2005.



**Figura 5.** Localización de las boquillas en el Smartomizer Feder Futur H<sub>3</sub>O<sup>®</sup>.

Este pulverizador tiene conectividad a Internet/Nube que junto al sistema software inteligente desarrollado lo convierten, según la compañía, en el primero de una nueva generación de pulverizadores que han denominado como *Smartomizers*. El software que ellos mismos han desarrollado está instalado en una tableta que controla inalámbricamente el Smartomizer vía conexión Wi-Fi. Este software recomienda un volumen de aplicación y un volumen de aire dependiendo de las características de la parcela y del cultivo, distancia entre árboles en una misma fila y entre filas, configuración

en seto vs. árboles aislados y las características del tratamiento (externo vs. interno), y su cálculo se basa en el método TRV (Tree Row Volume (volumen de fila de árboles). Determinadas las recomendaciones del software, el usuario ha de seleccionar las boquillas para obtener el volumen de aplicación recomendado a una velocidad de avance seleccionada y con una presión de trabajo entre 8 y 15 bar. Durante la aplicación, la presión de trabajo se ajusta automáticamente dependiendo de la velocidad de avance medida en tiempo real, para ajustar el caudal de

salida del equipo y obtener el volumen de pulverización recomendado. Con respecto al caudal de aire recomendado, antes de la aplicación del tratamiento, el ventilador se ajusta automáticamente cambiando el ángulo de las palas (20° / 25° / 30° / 35°) y la apertura del canal de salida de aire (110 mm / 130 mm / 150 mm).

Durante la mezcla de los productos, el sistema mide la temperatura y la humedad relativa ambiente para determinar si las condiciones son apropiadas para realizar la aplicación. Después de la aplicación del fitosanitario,



Tabla 1. Parámetros de la pulverización para el tratamiento estándar.

Volumen de aplicación (L/ha)		Velocidad de avance (km/h)	Caudal del equipo (L/min)	Presión de trabajo (bar)	Caudal de aire (m³/h)
Teórico	Real				
3700	3820	1,59	63,77	10	92859

Tabla 3. Parámetros de la pulverización para el tratamiento H3OT.

Volumen de aplicación (L/ha)		Aire		Medido		Velocidad de avance media (km/h)	Caudal del equipo (L/min)	Presión de trabajo media (bar)
Recomendado	Real	Recomendado	Medido	Caudal (m³/h)	Velocidad (m/s)			
		Ángulo de los álabes (°)	Abertura del canal de salida de aire (mm)					
3520	3465	25	180 (velocidad de salida mínima)	66336	26,18	1,59	57,84	10

el GPS y la conexión de Internet/Nube permiten el análisis de la aplicación desde la oficina, y los datos de la pulverización se almacenan de forma segura en una base de datos de la Nube para permitir la trazabilidad del tratamiento completo.

#### Parcela experimental

Se llevaron a cabo una serie de ensayos en una parcela comercial de mandarina 'Clemenules' (*C. reticulata*, Blanco) (39°26'30.06"N 0°33'12.05"W) de 19 años, con una distancia entre filas y árboles de 6,3x2,8 m. La dirección de las filas era Norte-Sur. Los árboles tenían en promedio 2,75 m de altura, 3,20 m de diámetro a lo largo de la fila y 4,41 m de diámetro a través de la fila (calculado como la media de diez árboles seleccionados al azar de la parcela), lo que da un volumen medio de copa de 20,32 m³ (considerando la copa de los cítricos como un elipsoide con las dimensiones del árbol). Los árboles estaban sobre caballones, con una altura promedio de 0,56 m. Aun así, debido al alto volumen de los árboles y la forma en que estaban podados, las ramas bajas, que se enfrentan a la calle, colgaban sobre ella y casi tocaban el suelo (Figura 2).

#### Descripción de los tratamientos y las aplicaciones

Se compararon dos tratamientos: (1) *Tratamiento estándar* (ST) siguiendo los criterios de volumen de caldo establecidos en la finca, aplicado con el pulverizador de referencia Fede Futur 1000L 2005 (Figura 3A), y (2) *Tratamiento ajustado* (H3OT) siguiendo las recomendaciones del software H<sub>3</sub>O®, aplicado con el Smartomizer H<sub>3</sub>O® S3.0 (Figura 3B). Previo a los tratamientos los dos equipos se calibraron y las dos aplicaciones se realizaron siguiendo las buenas prácticas agrícolas. Las aplicaciones se repitieron tres veces con cada pulverizador, alternando cada uno de ellos.

Ambos tratamientos se diseñaron simulando una aplicación para controlar el piojo rojo de California (*Aonidiella aurantii*, Maskell), lo que significa que el tratamiento se consideró interno, y la parcela con filas como setos dada su configuración. Ambos pulverizadores fueron equipados con boquillas cónicas estándar, de disco y núcleo, modelo 1553 (Hardi International A / S, Nørre Alslev, Dinamarca), con difusor negro (cono hueco). El caudal de cada tratamiento se ajustó manualmente seleccionando los diámetros del orificio de los discos de las boquillas para obtener los volúmenes correspondientes a una presión de trabajo de 10 bar.

Tabla 2. Tamaño de los discos de la boquilla mod. 1553 con difusor negro y su orientación en el pulverizador Fede Futur 1000L 2005.

# Boquilla	Tamaño	Orientación respect a la horizontal (°)
1	12	70
2	14	60
3	18	40
4	18	25
5	18	15
6	12	5
7	12	0
8	14	60
9	18	45
10	18	35
11	18	20
12	18	10
13	12	10

Tabla 4. Tamaño de los discos de la boquilla mod. 1553 con difusor negro y su orientación en el Smartomizer Fede Futur H<sub>3</sub>O®.

Boquilla	Tamaño	Orientación respect a la horizontal (°)
1	14	60
2	14	40
3	16	30
4	16	25
5	16	15
6	14	10
7	12	0
8	14	60
9	14	50
10	14	55
11	14	35
12	14	20
13	14	10
14	12	10

Los parámetros de la pulverización utilizados para ST se muestran en la Tabla 1. La localización de las boquillas se muestra en la Figura 4 y su tamaño y orientación en la Tabla 2. La configuración del H3OT se muestra en la Tabla 3. Basándose en el volumen de aplicación recomendado por el software H<sub>3</sub>O®, se seleccionaron las boquillas y se ajustó manualmente su orientación (Figura 5 y Tabla 4). Dado que las recomendaciones relacionadas con la velocidad de flujo de aire en la tableta se indican a través del ángulo de los álabes y la apertura del canal de salida de aire, se midió el caudal y la velocidad del aire.

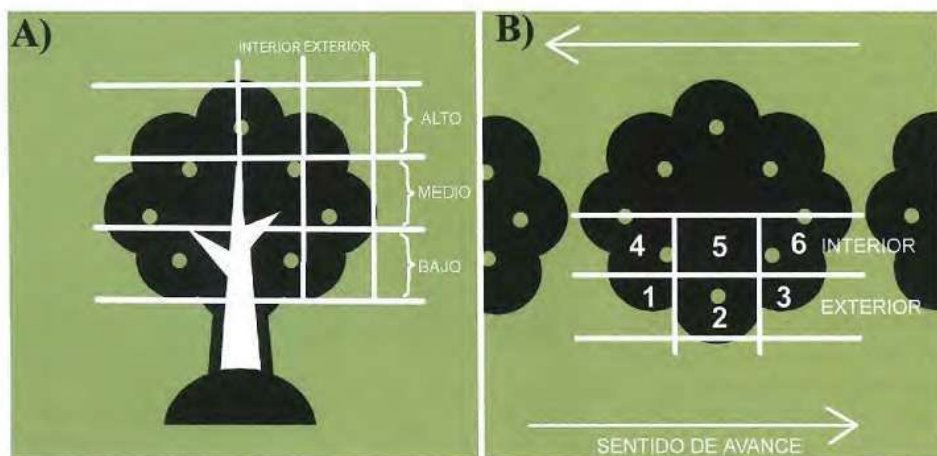




**Figura 6.** Sensor de par instalado en la TDF del tractor.



**Figura 7.** Sonómetro instalado para medir la contaminación acústica durante las aplicaciones.



**Figura 8.** A) Vista lateral de un árbol. Distribución de los colectores en altura. B) Vista cenital de un árbol. Distribución de los colectores en cada altura. (Garcerá et al. 2018, © 2018 The Association of Applied Biologists)



**Figura 9.** Colectores de papel secante empleados para evaluar la deriva potencial sedimentada.

**Tabla 5.** Condiciones meteorológicas durante las aplicaciones (valores medios).

APLICACIÓN*	Dirección del viento predominante**	Velocidad del viento media (m/s)	Temperatura media (°C)	Humedad relativa media (%)
ST_1	SO	2,34	11,3	49,67
ST_2	SO	2,62	16,78	57,69
ST_3	SO	2,98	16,77	58,93
H3OT_1	SO	2,69	13,3	44,45
H3OT_2	O	3,01	13,3	69,54
H3OT_3	SO	3,07	18,13	55,46

\*TRATAMIENTO\_REPETICIÓN

\*\*La dirección de las filas era Norte-Sur



**Figura 10.** Hilos de nylon empleados para evaluar la deriva potencial en el aire.

Cada aplicación consistió en pulverizar en dos calles centrales de la parcela, con ambos lados del pulverizador abiertos, simulando una aplicación en la que el pulverizador sube y baja por cada calle. La pulverización se aplicó a lo largo de 50 m de cada calle. El caldo consistió en una mezcla de agua y un trazador fluorescente, sulfoflavina brillante (BSF, Biovalley, Marne La Vallee, Francia), a una concentración de aproximadamente 1 g/L.

Durante cada aplicación, las condiciones meteorológicas fueron tomadas de la estación meteorológica de Godelleta (39°25'14.7"N 0°40'38.3"W, 270 m de altitud) perteneciente a la red del Servicio de Tecnología del Riego valenciana (STR) (disponible en <http://riegos.ivia.es/> / datos-meteorológicos). Las condiciones meteorológicas durante la aplicación de cada tratamiento se muestran en la **Tabla 5.**



## Medidas de eficiencia

La *potencia consumida* (W) se determinó midiendo la velocidad de la toma de fuerza (TDF) (rev por min) y el par (Nm) con un sensor de par (modelo TM-215, MAGTROL Inc., USA) instalado en la TDF del tractor durante las aplicaciones (**Figura 6**).

Una vez en el laboratorio, la potencia consumida (W) se calculó con la siguiente expresión:

$$\text{Potencia (W)} = \frac{\text{Par (Nm)} \times \text{Velocidad TDF (rev por min)}}{9555 \times 1000}$$

La *contaminación acústica* (dBA) se midió durante las aplicaciones en un punto situado a 100 m de la zona de aplicación y a una altura de 1,5 m sobre el suelo. La presión acústica ponderada A (dBA) se midió con un sonómetro (modelo SLM-1352A, ISO-TECH, UK) dirigido hacia la zona de aplicación, con una frecuencia de 1 Hz, configurado en modo fast y equipado con la capucha protectora (**Figura 7**).

Una vez en el laboratorio, se calculó la presión acústica ponderada A equivalente ( $L_{Aeq}$ ) con la siguiente expresión:

$$L_{Aeq} (dBA) = 10 \log \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T 10^{\frac{L_i}{10}} \times t_i$$

Donde  $L_i$  es la presión acústica ponderada A (dBA) tomada en el segundo  $t_i$ , y considerando el tiempo de medida completo coincidente con la aplicación,  $T = \sum t_i$ .

La *distribución de la pulverización en la copa* se evaluó mediante el porcentaje de recubrimiento de las hojas (%) en diferentes zonas del árbol. El recubrimiento se estimó con papeles hidrosensibles colocados en 18 cuadrantes (tres alturas, dos profundidades y tres anchos) (**Figura 8**) de mitad de la copa, en tres árboles de la fila central seleccionados aleatoriamente para cada pulverizador. En cada zona se graparon dos colectores en el haz de dos hojas aleatorias y

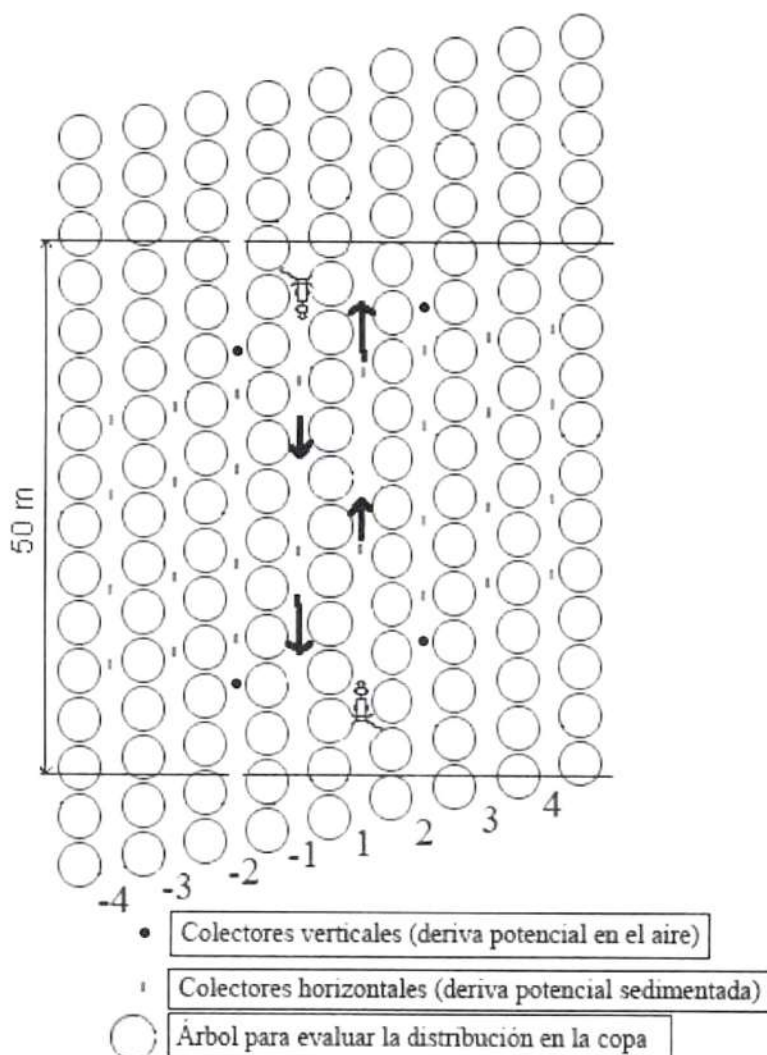
dos en el envés de otras dos hojas. Una vez en el laboratorio, los colectores fueron fotografiados, y estas imágenes fueron analizadas digitalmente con un software de análisis de imagen desarrollado para esta aplicación. En cada imagen, el programa calcula el recubrimiento (%) (porcentaje de la superficie total cubierta por gotitas impactadas).

Una vez obtenido el recubrimiento estimado en cada colector, se calculó el recubrimiento medio de las zonas 1 a 3 (zonas del exterior) y 4 a 6 (zonas del interior), respectivamente, en las tres alturas, obteniendo así el valor del recubrimiento a dos profundidades en cada altura.

Las *pérdidas potenciales de deriva* fueron evaluadas estimando la deriva potencial sedimentada y la deriva potencial en el aire:

- La *deriva potencial sedimentada* se evaluó mediante colectores de papel secante (ANOIA S.A., Barcelona, España) (**Figura 9**) situados a nivel del suelo en el centro de las dos calles centrales y de tres calles adyacentes a cada lado de las dos calles centrales.

- La *deriva potencial en el aire* se midió con hilos de nylon (modelo Star, hilo de pescar Golden Fish, Efectos Navales Ocaña SL, Pontevedra, España) de 2 mm de diámetro y 9 m



**Figura 11.** Vista superior del esquema de la parcela con las calles de avance del tractor (calles -1 y 1) y las ubicaciones de los colectores para evaluar las pérdidas potenciales de deriva en las calles adyacentes (calles -4, -3, -2, 2, 3 y 4).



de longitud (**Figura 10**), situados en el centro de la calle adyacente a cada lado de las dos calles centrales. Después de la aplicación, los hilos se cortaron en trozos de 1 m de longitud.

El diagrama de la zona de ensayo y la localización de los distintos colectores se muestran en la **Figura 11**.

Todos los colectores se recogieron después de cada pase del pulverizador y se mantuvieron en condiciones oscuras y frescas. Una vez en el laboratorio, los colectores se lavaron con agua desionizada para extraer los depósitos de BSF. La concentración de BSF en cada muestra del agua de lavado se cuantificó por fluorimetría (fluorímetro modelo Cary Eclipse, Varian Instruments, California, EE.UU.). La cantidad de caldo depositado por unidad de superficie del colector ( $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ ) se calculó a partir de la lectura del fluorímetro, y teniendo en cuenta el volumen de agua de lavado, la concentración de BSF en el tanque y la superficie del colector correspondiente.

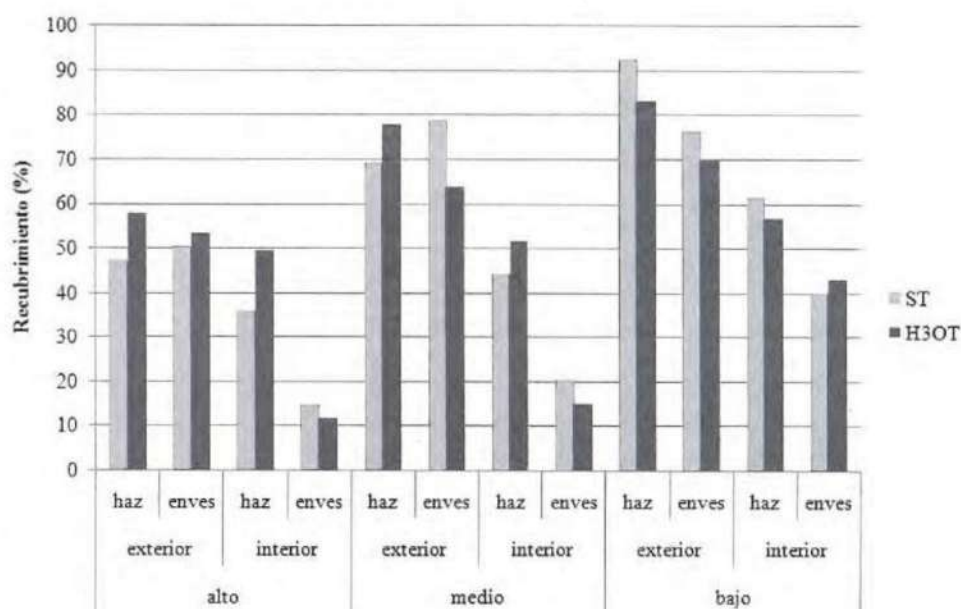
## RESULTADOS

La *potencia consumida* fue mucho menor con H3OT que con ST (**Tabla 6**), con un porcentaje de reducción del 55,45%.

La *contaminación acústica* fue mucho mayor durante ST que durante H3OT (**Tabla 6**). El Smartomizer H<sub>3</sub>O® produjo 15,20 dBA menos que el pulverizador de referencia.

La *distribución de la pulverización en la copa* fue similar con ambos pulverizadores, independientemente de la altura y profundidad del árbol y el lado de las hojas (**Figura 12**). En general, como se esperaba, el recubrimiento fue mayor en el exterior de los árboles que en el interior, y en las alturas media e inferior en comparación con la altura superior. El recubrimiento medio también fue similar en ambos tratamientos, con valores medios de alrededor del 50% (**Tabla 6**).

La *deriva potencial sedimentada* fue menor para H3OT en casi todas las



**Figura 12.** Porcentaje de recubrimiento en diferentes partes de la copa dependiendo del tratamiento (Garcerá et al. 2018, © 2018 The Association of Applied Biologists).

calles. Como era de esperar, en ambos tratamientos, disminuyó a medida que la distancia a las calles pulverizadas aumentaba (**Figura 13**). Si no se tienen en cuenta los depósitos en las calles centrales (calles 1 y -1), por las que avanza el pulverizador, el suelo recibió casi un 48% menos de depósitos con H3OT. Si se hubiera aplicado el mismo volumen de pulverización con ambos pulverizadores, la reducción sería del 42%.

El *perfil de la deriva potencial en el aire* fue similar en ambos tratamientos, con valores y formas similares (**Figura 14**). La gran altura de los árboles con respecto a los pulverizadores y la pequeña distancia entre el pulverizador y la vegetación pudo hacer que el caldo quedara confinado entre los árboles y esto podría explicar las pequeñas diferencias entre los tratamientos hasta los 7 m de altura. Además, en ambos tratamientos las zonas superiores recibieron depósitos mucho mayores que las zonas inferiores y el tramo a 1 m de altura recibió un depósito mayor que los siguientes. Esto refleja el tamaño y la forma de los árboles, porque la densa vegetación de los cítricos constituye una gran resistencia al movimiento de la pulverización impulsada por el flujo de aire generado por el ventilador, y las gotas se elevan sobre los árboles y pasan por debajo de ellos.

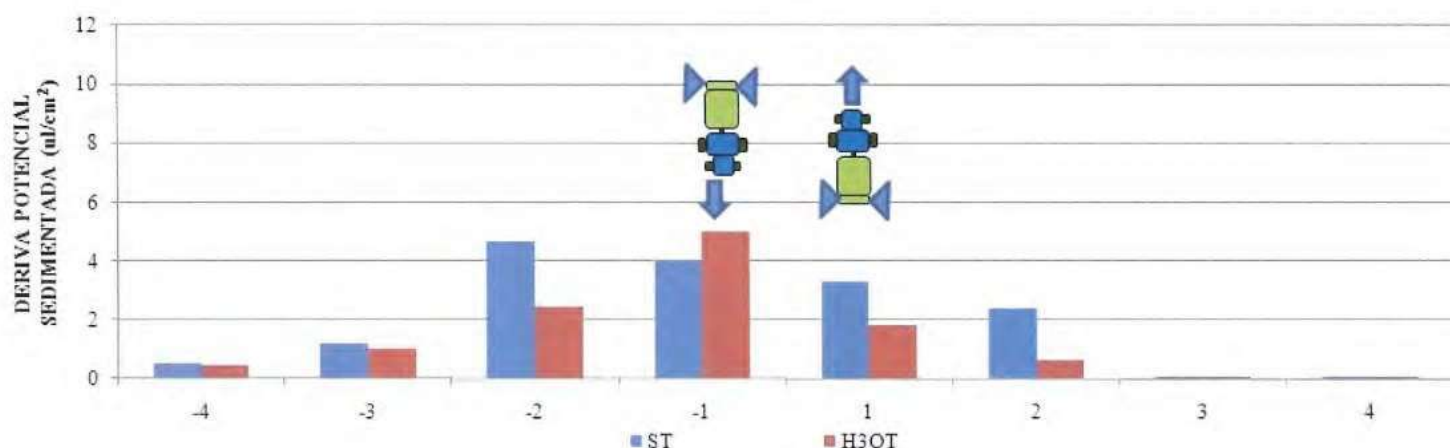
**Tabla 6.** Potencia consumida, ruido y recubrimiento medio en función del tipo de tratamiento.

	ST	H3OT
Potencia consumida media (W)	36946,43	16458,22
Ruido medio (dBA)	68,34	53,14
Recubrimiento Medio (%)	52,8	53,5

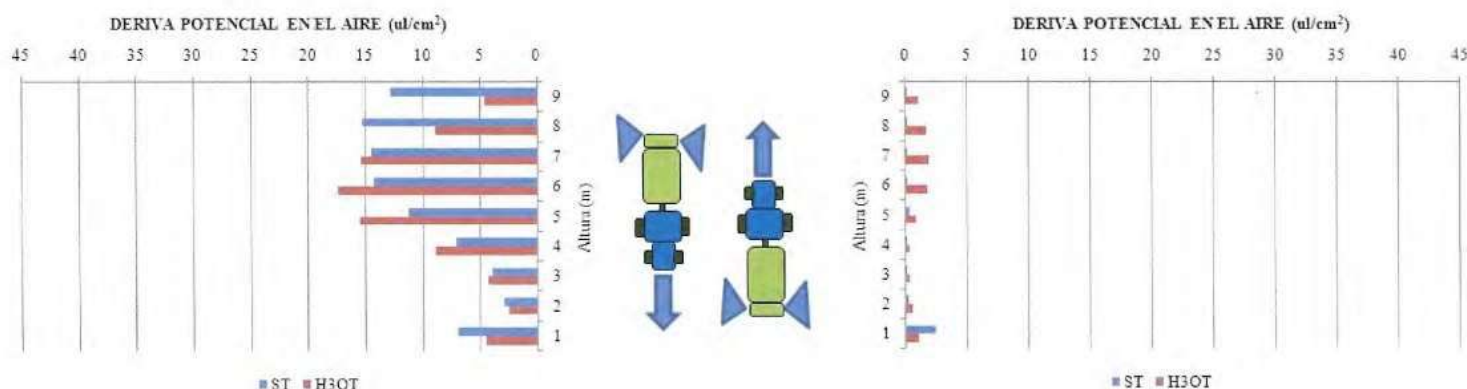
Sin embargo, la deriva potencial en el aire de H3OT disminuyó con la altura después de alcanzar un valor máximo a 6 m de altura, pero esto no ocurrió para ST, lo que podría indicar que con ST la nube de pulverización mostró un movimiento más vertical debido a la ausencia de deflector en el equipo de referencia.

Se puede resumir que el Smartomizer H<sub>3</sub>O® redujo el consumo de energía en un 55%, la contaminación por ruido en 15 dBA y la deriva potencial sedimentada en un 48%, siempre con respecto al pulverizador de referencia. La deriva potencial en el aire no se redujo. El recubrimiento medio de la vegetación fue de alrededor del 50% con ambos pulverizadores, mostrando una distribución similar en la copa.





**Figura 13.** Deriva potencial sedimentada media ( $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ ) en el suelo de cada calle de la parcela experimental para cada tratamiento (Garcerá et al. 2018, © 2018 The Association of Applied Biologists).



**Figura 14.** Perfil de deriva potencial en el aire media ( $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ ) a cada lado de las calles centrales para cada tratamiento (Garcerá et al. 2018, © 2018 The Association of Applied Biologists).

En conclusión, el Smartomizer H<sub>3</sub>O<sup>®</sup> se presenta como una innovación rupturista en el mercado de los pulverizadores hidráulicos asistidos por aire. El H<sub>3</sub>O<sup>®</sup> supone un gran avance en los tratamientos en cultivos especiales ya que su pro-actividad y conectividad permiten conocer a tiempo real los parámetros de pulverización para poder corregirlos en caso de error y, a su vez, ofrecen un registro preciso de la trazabilidad de los tratamientos. Los resultados obtenidos demuestran su eficacia y eficiencia para una producción de alimentos eco-innovadora que impulse el desarrollo de una agricultura sostenible, respetuosa con el medio ambiente, mejorando a su vez la seguridad agroalimentaria de las personas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al Grupo Martinavarro S.L. por permitir el uso de sus parcelas. El proyecto

H<sub>3</sub>O ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea bajo el acuerdo No. 672231. Las opiniones expresadas reflejan únicamente las consideraciones de los autores. Ni la Comisión Europea, ni la agencia de financiación, ni sus servicios son responsables del uso que se pueda hacer de la información que contiene esta publicación. Material gráfico, tablas y texto están en partes traducidas y reusadas de la publicación original en inglés Garcerá et al. 2018, © 2018 The Association of Applied Biologists, con permiso.

## BIBLIOGRAFÍA

Cunha J.P., Chueca P., Garcerá C., Moltó E. 2012. Risk assessment of pesticide spray drift from citrus applications with air-blast sprayers in Spain. *Crop Protection* 42, 116-123.

Derksen R.C., Zhu H., Fox R.D., Brazee R.D., Krause C.R. 2007. Coverage and drift produced by air induction and conventional

hydraulic nozzles used for orchard applications. *Transactions of the ASABE* 50 (5), 1493-1501.

Durgut M.R., & Celen I.H. 2004. Noise levels of various agricultural machineries. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(6), 895-901.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistic Division**) 2017. Food and agriculture data. Updated August 14 2017. [Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Accessed 23/08/2017].

Garcerá C., Moltó E., Chueca P. 2017. Spray pesticide applications in Mediterranean citrus orchards: Canopy deposition and off-target losses. *Science of the Total Environment* 599-600, 1344-1362.

Garcerá C., Berger L. T., Chueca P. 2018. Efficiency assessment of H<sub>3</sub>O Smartomizer in citrus. *Aspects of Applied Biology* 137, *International Advances in Pesticide Application*, pp.93-100.

Gil Y., Sinfort C. 2005. Emission of pesticides to the air during sprayer application: a bibliographic review. *Atmospheric Environment* 39, 5183-5193.